

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ Δρ. Ν. Α. Μπορμπιλιάς

Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εποχή μας, αυξάνεται ραγδαία ο αριθμός των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιούνται στον οικιακό εξοπλισμό, στις μεταφορές, στις υπηρεσίες, στην παραγωγή κτλ. Για την ασφαλή λειτουργία τους απαιτείται άριστος σχεδιασμός, προσεκτικός χειρισμός, ανελλιπής συντήρηση και προφανώς σχολαστική τήρηση των κανόνων ασφαλείας για αποφυγή ηλεκτροπληξίας.

Ηλεκτροπληξία ονομάζεται η δίοδος ηλεκτρικού ρεύματος (συνεχούς ή εναλλασσόμενου) από το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος. Αποτελεί συνήθως οικιακό ή εργατικό ατύχημα, ενώ αντίστοιχη κλινική εικόνα παρουσιάζει και η **κεραυνοπληξία**.

Η ηλεκτροπληξία αποτελεί τη δεύτερη αιτία εργατικών ατυχημάτων με θανατηφόρα κατάληξη και είναι της τάξεως του 18% (με φθίνουσα σειρά: Πτώσεις, Ηλεκτροπληξία, Μηχανήματα, Παθολογικά αιτία, Τροχαία, Εκρήξεις, Εισπνοή αερίων, Λοιπά).

Παράγοντες που καθορίζουν το αποτέλεσμα της ηλεκτροπληξίας

Οι σημαντικότεροι παράγοντες είναι:

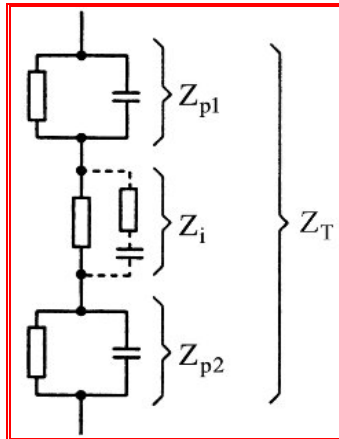
- *Τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής πηγής (ρεύμα, τάση και συχνότητα).* Όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο πιο σοβαρή είναι η βλάβη των ιστών. Η καλή γείωση ελαττώνει την ένταση του ρεύματος που περνά από το ανθρώπινο σώμα. Το συνεχές ρεύμα είναι λιγότερο επικίνδυνο από το εναλλασσόμενο, αλλά προκαλεί βαρύτερα εγκαύματα.
- *Η αντίσταση που παρουσιάζει το σώμα στη ροή του ρεύματος κατά τη διάρκεια της ηλεκτροπληξίας.* Η αγωγιμότητα των ιστών είναι ανάλογη της περιεκτικότητάς τους σε νερό. Η αγωγιμότητα ελαττώνεται σε φθίνουσα πορεία στα νεύρα, στο αίμα, στους ιστούς, στους μύες, στο δέρμα, στους τένοντες, στο λίπος και στα οστά. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του δέρματος τόσο μεγαλύτερο είναι το έγκαυμα! Το βρεγμένο δέρμα έχει καλύτερη αγωγιμότητα από το ξηρό.
- *Η διαδρομή του ρεύματος διαμέσου του σώματος.* Ποιο δρόμο ακολούθησε το ρεύμα; Πέρασε μέσα από όργανα όπως η καρδιά, ο εγκέφαλος κτλ.;
- *Ο χρόνος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος.* Ανάλογα με τη βλάβη μπορεί να μοιάζει με τραύμα από πυροβόλο όπλο, με οπή εισόδου και εξόδου, με εγκαύματα από βολταϊκό τόξο (στο οποίο αναπτύσσεται θερμοκρασία μέχρι 2.500 βαθμών) και με εγκαύματα από ανάφλεξη ρούχων του θύματος σε αποστάσεις μέχρι και τρία μέτρα από το σημείο έναρξης του ηλεκτρικού τόξου (αυτοσυντηρούμενης ηλεκτρικής εκκένωσης υψηλής τάσης).
- *Οι συνθήκες του περιβάλλοντος που συμβαίνει το σφάλμα.*

Επικινδυνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος

Πιο επικίνδυνο είναι το εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής τάσης (εργατικά ατυχήματα, κεραυνοπληξία) κυρίως, όταν συνδυάζεται με χαμηλή αντίσταση των ιστών (βρεγμένο δέρμα) και αυξημένο χρόνο διέλευσης. Το συνεχές ρεύμα είναι λιγότερο επικίνδυνο από το εναλλασσόμενο αλλά προφανώς όχι ακίνδυνο! Το ρεύμα μικρής έντασης προκαλεί προβλήματα στην καρδιά, όπως μαρμαρυγή των καρδιακών κόλπων και των κοιλιών. Η συνήθης αιτία θανατηφόρων ατυχημάτων (δυστυχημάτων) από ηλεκτρικό ρεύμα μικρής έντασης, είναι η διακοπή της κυκλοφορίας του αίματος λόγω **καρδιακής μαρμαρυγής** ή **καρδιακής ανακοπής**. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται στο μέρος του ρεύματος που ρέει μέσα από την καρδιά. Η διακοπή της κυκλοφορίας του αίματος επιφέρει τη διακοπή της τροφοδότησης του εγκεφάλου με οξυγόνο και τον θάνατο σε μερικά λεπτά. Το ρεύμα μεγάλης έντασης δρα απευθείας στο αναπνευστικό κέντρο και προκαλεί σύσπαση των αναπνευστικών μυών.

Το αγώγιμο του ανθρώπινου σώματος

Στον ανθρώπινο οργανισμό διακρίνουμε καλούς και κακούς αγωγούς του ηλεκτρισμού. Καλοί αγωγοί είναι σχεδόν όλοι οι ιστοί εκτός από το δέρμα και τα οστά. Η ηλεκτρική αντίσταση του ξηρού δέρματος είναι μεγάλη και κυμαίνεται από 10 kΩ - 100 kΩ. Μια εναλλασσόμενη τάση 220 V, εφαρμοζόμενη στο ξηρό ανθρώπινο δέρμα, θα προκαλέσει δίοδο ρεύματος έντασης 2,2 mA έως 22 mA, με αποτέλεσμα πρόκληση πόνου, μυϊκές συσπάσεις και αναπνευστική δυσχέρεια. Η επαφή όμως του δέρματος με τον ηλεκτροφόρο αγωγό προκαλεί εφίδρωση. Το υγρό δέρμα έχει πολύ χαμηλότερη αντίσταση από το ξηρό δέρμα. Έτσι η αντίσταση του υγρού δέρματος μπορεί να πέσει στο 1 kΩ. Μια τάση 220 V, εφαρμοζόμενη στο σώμα, δίνει ρεύμα έντασης 220 mA, με αποτέλεσμα πρόκληση ινιδισμού των κοιλιών.

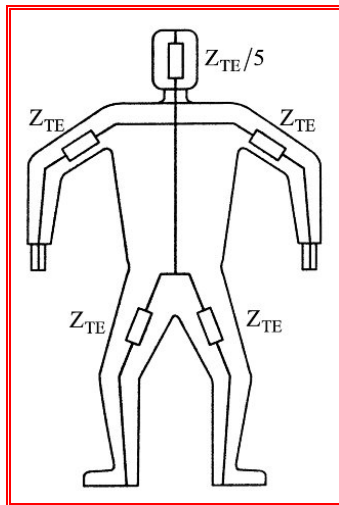


Εικόνα 1: Ισοδύναμο κύκλωμα
ανθρώπινου σώματος

Z_{p1}, Z_{p2} :
σύνθετη αντίσταση δέρματος

Z_i :
σύνθετη εσωτερική αντίσταση

Z_T :
συνολική σύνθετη αντίσταση.



Εικόνα 2: Σύνθεση της
συνολικής σύνθετης αντίστασης
του ανθρώπινου σώματος από τις
επί μέρους αντιστάσεις των
χεριών και ποδιών.

Πίνακας 1: Προσεγγιστικές τιμές αντίστασης
ανθρώπινου σώματος για διάφορες διαδρομές

Διαδρομή ρεύματος	Τιμή αντίστασης σε Ω
χέρι – χέρι	1000
πόδι – πόδι	1000
χέρι – πόδι	750
χέρια – πόδια	500
χέρι – στήθος	450
χέρια – στήθος	230
χέρι – γλουτός	550
χέρια – γλουτός	300

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικές τιμές της αντίστασης επαφής σε διάφορες συνθήκες.

Συνθήκη σωματικής επαφής	Στεγνό (Ω)	Υγρό (Ω)
Επαφή με το δάκτυλο	40.000 – 1×10^6	4.000 – 15.000
Κράτημα αγωγού με το χέρι	15.000 – 50.000	3.000 – 5.000
Σφίξιμο δακτύλου – αντίχειρα	10.000 – 30.000	2.000 – 5.000
Λαβή χεριού σε πένσα	5.000 – 10.000	1.000 – 3.000
Επαφή πλήρους παλάμης	3.000 – 8.000	1.000 – 2.000
Χέρι γύρω από σωλήνα 1,5 ιντσών	1.000 – 3.000	500 – 1500
Δύο χέρια γύρω από σωλήνα 1,5 ιντσών	500 – 1500	250 – 750
Χέρι βυθισμένο στο νερό	–	200 – 500
Πόδι βυθισμένο στο νερό	–	100 – 300

Παρενέργειες του ηλεκτρικού ρεύματος στον άνθρωπο

Το ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να έχει τρεις (3) κύριες παρενέργειες στον άνθρωπο: α) την ηλεκτρόλυση, β) τη μετατροπή σε θερμότητα και γ) τη διέγερση νευρών και μυών. Η πιο επικίνδυνη παρενέργεια είναι η τελευταία, γιατί μπορεί να επηρεαστούν τα συστήματα του κυκλοφορικού και της αναπνοής.

Α. Ηλεκτρόλυση

Προκαλείται, όταν συνεχές ρεύμα διέλθει από μέσο που περιέχει ιόντα. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση που τοποθετηθούν πάνω στο δέρμα μας δύο ηλεκτρόδια και ανάμεσά τους περάσει συνεχές ρεύμα. Ως “συνεχές ρεύμα” θεωρείται τόσο το ρεύμα μιας κατεύθυνσης (DC) όσο και το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) συχνότητας μικρότερης του 0,1 Hz. Γενικά στον άνθρωπο *δεν επιτρέπεται δίοδος συνεχούς ρεύματος έντασης μεγαλύτερης των 10μΑ* μεταξύ ηλεκτροδίων. Δίοδος συνεχούς ρεύματος έντασης 10μΑ μέσα από το δέρμα για λίγα λεπτά προκαλεί τη δημιουργία επώδυνων ελκών κάτω από τα ηλεκτρόδια που αργούν να ιαθούν.

Β. Μετατροπή ρεύματος σε θερμότητα

Τα εναλλασσόμενα ρεύματα υψηλής συχνότητας δεν προκαλούν διεγέρσεις νευρών και μυών, αλλά διέρχονται από το δέρμα και τους επιφανειακούς ιστούς και μετατρέπονται σε θερμότητα. Την ιδιότητα αυτή των υψίσυχνων εναλλασσόμενων ρευμάτων χρησιμοποιούν οι χειρουργικές διαθερμίες και οι διαθερμίες της φυσιοθεραπείας.

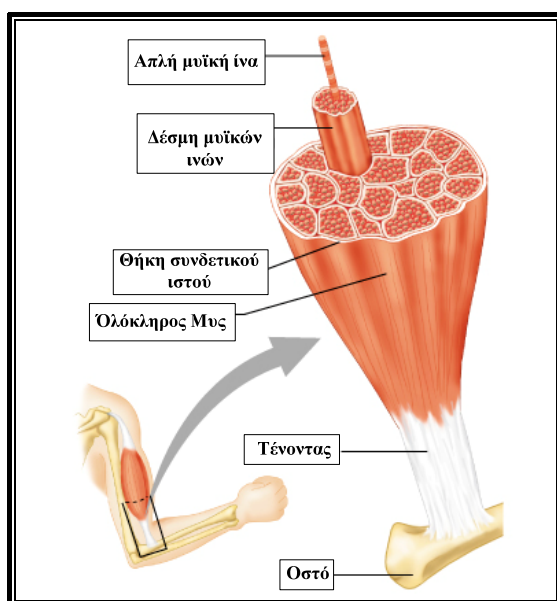
Γ. Διέγερση νευρών και μυών

Η διέγερση ενός αισθητικού νεύρου προκαλεί πόνο, ενώ η διέγερση ενός κινητικού νεύρου προκαλεί σύσπαση μυών. Ο κύριος κίνδυνος του ηλεκτρικού ρεύματος είναι η διέγερση σκελετικών μυών και του μυοκαρδίου (άμεσα ή έμμεσα μετά από διέγερση κινητικών νευρών). Σημασία για την έκβαση της ηλεκτροπληξίας έχει, εκτός από την ένταση του ρεύματος, η οδός ροής του ρεύματος και η διάρκεια διόδου του ρεύματος. Δίοδος ρεύματος μεταξύ των δύο χεριών είναι επικίνδυνη, γιατί τότε το ρεύμα μπορεί να περάσει διά μέσου της καρδιάς. Η λειτουργία της καρδιάς μπορεί έτσι να διαταραχθεί και να προκληθεί κολπική μαρμαρυγή ή ινιδισμός των κοιλιών (*σειρά ταχύτατων, άτακτων και ανεπαρκών συσπάσεων των μυϊκών ινών του μυοκαρδίου*). Ο ινιδισμός των κοιλιών, αν δεν αποδράμει μέσα σε λίγα λεπτά, είναι θανατηφόρος. Αντίθετα η κολπική μαρμαρυγή μπορεί να παραμείνει επί μακρότερο χρονικό διάστημα.

Αν περάσει εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας 50 Hz, αυτό δηλαδή που μας παρέχει η Δ.Ε.Η., μέσα από το ανθρώπινο σώμα, τα προκαλούμενα φαινόμενα θα εξαρτηθούν από την ένταση του ρεύματος, ως εξής:

1. **0,5 mA - 1 mA:** θα γίνει μόλις αντιληπτό και μπορεί να προκληθούν ασθενείς μυϊκές συσπάσεις. Η ένταση του 1 mA συνιστάται ως το ανώτερο ασφαλές όριο έντασης ρεύματος.
2. **1 mA - 5 mA:** προκαλεί κλονισμό των νευρών και πόνο.

3. **5 mA - 15 mA**: δημιουργεί συνεχείς (τετανικές) ισχυρές συσπάσεις των *σκελετικών μυών* που μπορούν να προκαλέσουν εκτίναξη του σώματος του ηλεκτροπληγέντα με αποτέλεσμα πρόκληση τραυματικών κακώσεων ή άλλοτε δυσχέρεια απομάκρυνσής του από τον ρευματοφόρο αγωγό. Αν οι μυϊκές συσπάσεις είναι αρκετά ισχυρές μπορούν να προκαλέσουν κατάγματα.
4. **15 mA – 100 mA**: εμφανίζονται έντονος πόνος και *αναπνευστική δυσχέρεια* προκαλούμενη από τις τετανικές συσπάσεις των αναπνευστικών μυών. Μεταξύ 25 και 100 mA αυξάνει συνεχώς η πιθανότητα πρόκλησης *αναπνευστικής παράλυσης* και *ινιδισμού των κοιλιών*. Πολύ ισχυρές *μυϊκές συσπάσεις* και *ελαφρά εγκαύματα* ιστών συνοδεύουν τα ανωτέρω φαινόμενα.
5. **100 mA – 500 mA**: προκαλείται *ινιδισμός των κοιλιών*, που παραμένει και μετά την επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος, *αναπνευστική παράλυση*, εξαιρετικά ισχυρές *μυϊκές συσπάσεις* και *σοβαρά εγκαύματα*.
6. **> 500 mA**: προκαλείται αυτόματη έναρξη της λειτουργίας της καρδιάς μετά την άρση της επίδρασης του ρεύματος. Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η αρχή λειτουργίας του καρδιακού απινιδωτή. Γενικά τα εναλλασσόμενα ρεύματα είναι πιο επικίνδυνα από τα συνεχή ρεύματα. Τα τελευταία προκαλούν κυρίως ηλεκτρολυτικές διαταραχές των ιστών. Οι περισσότεροι θάνατοι από ηλεκτροπληξία προκαλούνται από *ινιδισμό των κοιλιών της καρδιάς* (ventricular fibrillation – *κοιλιακή μαρμαρυγή*). Στην περίπτωση αυτή το μυοκάρδιο των κοιλιών σταματά να συσπάται ρυθμικά για την εξώθηση αίματος προς τις αρτηρίες και επικρατεί μια ασύγχρονη και ασυντόνιστη σύσπαση μικρών περιοχών του μυοκαρδίου των κοιλιών. Αν ο *ινιδισμός των κοιλιών* δεν αρθεί σύντομα, προκαλείται μη αναστρέψιμη βλάβη του εγκεφάλου από ισχαιμία, όπως επίσης προκαλείται και ισχαιμία του ίδιου του μυοκαρδίου. *Ινιδισμός των κοιλιών* που διαρκεί 3 έως 5 λεπτά, χωρίς να αντιμετωπισθεί, προκαλεί θάνατο.

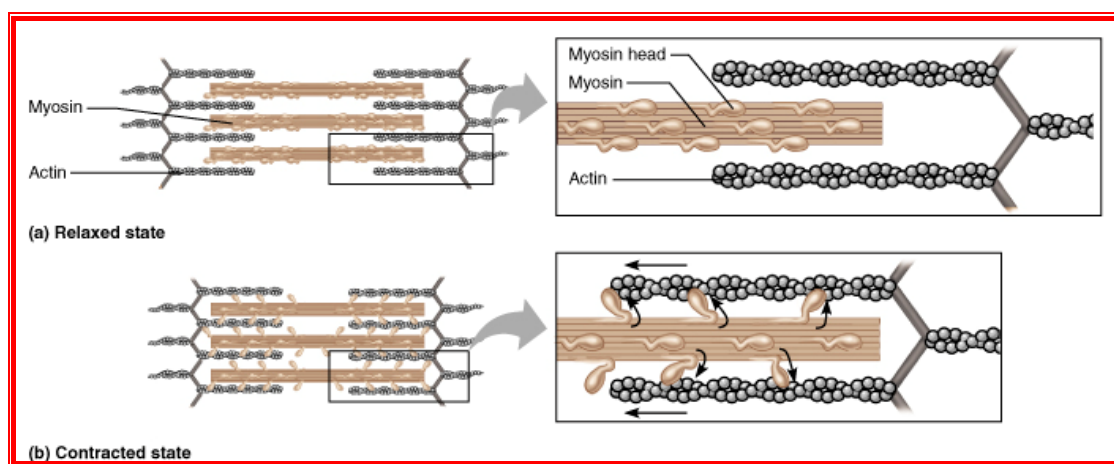


Εικόνα 3: Απλουστευμένη σχηματική αναπαράσταση μυός.

Κύριος μηχανισμός θανάτου είναι οι αρρυθμίες, όπως η κοιλιακή μαρμαρυγή. Κατά την κεραυνοπληξία είναι δυνατόν να παρατηρηθεί κοιλιακή ασυστολία. Μπορεί εξάλλου να συμβεί και αναπνευστική ανακοπή ή ασφυξία από σπασμό του διαφράγματος. Τέλος, ο θάνατος μπορεί να προέλθει από την εκτίναξη του θύματος από το ηλεκτρικό ρεύμα. Αναζητούνται κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις, κακώσεις του θώρακα και της κοιλιάς, κακώσεις της σπονδυλικής στήλης, κατάγματα και ρήξεις μυών και τενόντων λόγω του τετανικού σπασμού. Συχνά, ο τετανικός σπασμός των δακτύλων εμποδίζει το θύμα να αποσύρει τα άκρα του από την πηγή του ρεύματος αυξάνοντας το χρόνο διέλευσης.

Στα σημεία εισόδου και εξόδου του ρεύματος από το σώμα παρατηρούνται θερμικά εγκαύματα. Η εικόνα πολλές φορές είναι παραπλανητική, καθώς η βλάβη στο δέρμα είναι μικρή, ενώ στο βάθος ενδέχεται να υπάρχουν εκτεταμένες νεκρώσεις μυών. Οι μύες και τα νεύρα έχουν χαμηλή αντίσταση και γι' αυτό το ρεύμα εκλεκτικά περνά μέσα από αυτά. Κατά τη διέλευση του ρεύματος παράγεται και θερμότητα (φαινόμενο Joule), αλλά και αντίστοιχες θερμικές βλάβες.

Αν ζήσει το θύμα, συνήθως παρουσιάζει απώλεια της συνείδησης, δεν προσανατολίζεται στο χρόνο και τον τόπο, παρουσιάζει σπασμούς, είναι επιθετικός. Τα κατάγματα των οστών, τα εξάρθρατα, οι κακώσεις της σπονδυλικής στήλης και του νωτιαίου μυελού είναι συνηθισμένα. Επίσης είναι συχνή η εμφάνιση ημιπληγίας ή παραπληγίας και η πάρεση περιφερικών νεύρων. Όταν αναρρώσει το θύμα, υποφέρει από επίμονες νευροπάθειες. Ακόμα είναι δυνατόν να παρατηρηθεί καταρράκτης και απώλεια ακοής λόγω της διάρτησης του τυμπάνου. Από την καταστροφή των μυών απελευθερώνονται μυοσφαιρίνη και κάλιο (ραβδομυόλυση). Η μυοσφαιρίνη αποφράσσει τα ουροφόρα σωληνάκια και μπορεί να εκδηλωθεί οξεία νεφρική ανεπάρκεια. Η υπερκαλιαιμία μπορεί να πυροδοτήσει καρδιακές αρρυθμίες.



Εικόνα 4: Απλουστευμένη σχηματική αναπαράσταση κατάστασης χαλάρωσης και σύσπαση μύος.

Αντιμετώπιση της ηλεκτροπληξίας

Η πρώτη ενέργεια ενός ατόμου, όταν κληθεί να προσφέρει βοήθεια είναι να διασφαλίσει ότι η παροχή του ρεύματος έχει σταματήσει.

Στη συνέχεια θα πρέπει να απομακρύνει το θύμα από την πηγή του ρεύματος.

Ακολουθεί η αναζήτηση των ζωτικών σημείων του θύματος και η εξασφάλιση βατότητας της αναπνευστικής οδού και ακινησίας της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης. Αν το θύμα δεν έχει σφίξεις και αυτόματη αναπνοή, ακολουθείται η διαδικασία της καρδιοαναπνευστικής αναζωογόνησης. Ταυτόχρονα καλείται βοήθεια για τη μεταφορά του θύματος στο πλησιέστερο νοσοκομείο. Με την άφιξη του ασθενοφόρου, θα χρειαστεί απινίδωση, αν το θύμα εμφανίζει κοιλιακή μαρμαρυγή.

Η νοσοκομειακή αντιμετώπιση έχει ως προτεραιότητα την υποστήριξη των βασικών λειτουργιών. Πρώτιστη σημασία έχει η αντιμετώπιση των καρδιακών αρρυθμιών. Αντιμετωπίζονται οι σύνοδες κακώσεις και γίνεται περιποίηση των εγκαυμάτων. Ο ασθενής ενυδατώνεται προκειμένου να αυξηθεί η διούρηση και να αποβληθεί η μυοσφαιρίνη. Ελέγχεται διαρκώς το κάλιο του ορού και διορθώνονται οι ηλεκτρολυτικές διαταραχές. Πιθανόν να χρειαστούν φυσικοθεραπεία, επανορθωτικές επεμβάσεις και ψυχολογική υποστήριξη.

Παράγοντες επικινδυνότητας

Το νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Γι' αυτό ο χειρισμός μιας ηλεκτρικής ή ηλεκτρονικής συσκευής συνδεδεμένης με το δίκτυο παροχής τάσης (Δ.Ε.Η.), με βρεγμένα χέρια ή η χρήση της στο μπάνιο ή κοντά σε περισυλλογή νερού αυξάνει το

ενδεχόμενο ηλεκτροπληξίας. Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας αυξάνεται, όταν οι διακόπτες είναι κατεστραμμένοι ή τα καλώδια των ηλεκτρικών συσκευών φθαρμένα. Προληπτικά, όλες οι εγκαταστάσεις των δημόσιων ή ιδιωτικών κτιρίων, πρέπει να είναι εξοπλισμένες στον πίνακα ηλεκτροδότησης με ρελέ ασφαλείας. Η λειτουργία του συνίσταται σε αυτόματη διακοπή της παροχής του ρεύματος όταν η τιμή της έντασης ξεπεράσει κάποιο προκαθορισμένο όριο (όταν υπάρξει διαρροή).

Πίνακας 3: Τυπική επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος (ένταση σε mA) σε αντρικό σώμα (βάρους 68 kg) και γυναικείο σώμα (βάρους 52 kg)

Αποτέλεσμα ή αίσθηση	Συνεχές (DC) σε mA		Εναλλασσόμενο (AC) σε mA				Σοβαρότητα συμβάντος
	Αντρ. ♂	Γυν. ♀	60 Hz		10.000 Hz		
			♂	♀	♂	♀	
Ανεπαίσθητο	1	0,6	0,4	0,3	7	5	Καμιά
Κατώφλι αντίληψης	5,2	3,5	1,1	0,7	12	8	Καμιά
Σοκ χωρίς πόνο	9	6	1,8	1,2	17	11	Καμιά
Οδυνηρό πλήγμα	62	41	9	6	55	37	Σπασμός, έμμεσες κακώσεις
Μυϊκός τέτανος	76	51	16	10,5	75	50	Ενδεχομένως θανατηφόρο
Πνευμονική ανακοπή	170	109	30	19	180	95	Συχνά θανατηφόρο
Κοιλιακή μαρμαρυγή $t \geq 0,03s$	1300	870	1000	670	1100	740	Με μεγάλη πιθανότητα θανατηφόρο
Κοιλιακή μαρμαρυγή $t \geq 3s$	500	370	100	67	500	340	Με μεγάλη πιθανότητα θανατηφόρο
Κοιλιακή μαρμαρυγή $t \geq 5s$	375	250	75	50	375	250	Με μεγάλη πιθανότητα θανατηφόρο
Καρδιακή ανακοπή	—	—	4000	4000	—	—	Θανατηφόρο αν δεν αντιμετωπιστεί
Κάψιμο ιστών και οργάνων	—	—	5000	5000	—	—	Θανατηφόρο αν πρόκειται για ζωτικά όργανα

Συμπεράσματα

- Οι εργαζόμενοι με το ρεύμα θα πρέπει να τηρούν απαραβίαστα τους σχετικούς κανόνες ασφαλείας.
- Στα νέα κτίρια οι ρευματοδότες θα πρέπει να τοποθετούνται ψηλά για να αποφευχθούν τα παιδικά ατυχήματα.
- Τα μικρά παιδιά συνήθως περιεργάζονται ή τοποθετούν στις πρίζες μεταλλικά αντικείμενα όπως σύρματα ή καρφίτσες. Τα φωτιστικά δαπέδου και τα πορτατίφ θεωρείται ότι μπορεί να γίνουν αίτια ηλεκτροπληξίας. Γι' αυτό προτιμάται ο φωτισμός (ειδικά στα παιδικά δωμάτια) να είναι κεντρικός.
- Ιδιαίτερη φροντίδα τήρησης των κανόνων ασφαλείας απαιτείται στους ευαίσθητους χώρους των σχολικών κτιρίων, όπως είναι οι αίθουσες διδασκαλίας, οι εσωτερικοί χώροι άθλησης, ψυχαγωγίας και εκδηλώσεων.
- Οι Υ.Σ.Ε.Φ.Ε., καθώς είναι οι κύριοι χρήστες των σχολικών εργαστηρίων αν και όχι οι μοναδικοί, οφείλουν να τηρούν με παραδειγματικό τρόπο τους κανόνες ασφαλείας, αποφεύγοντας κατά το δυνατόν άμεσα τη συνήθη εναλλασσόμενη τάση 220 V.

- Κάθε διδάσκων εκπαιδευτικός δεν επιτρέπεται να αφήνει τους μαθητές και τις μαθήτριες στο εργαστήριο μόνους, χωρίς επιτήρηση.

Βιβλιογραφία

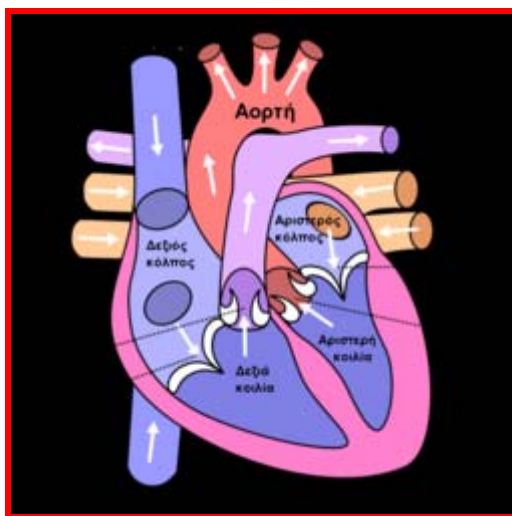
1. Χ. Χατζιωάννου, “Κίνδυνοι από το ηλεκτρικό ρεύμα”, ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., Παράρτημα Θεσσαλονίκης.
2. Σ. Σαφιγιάννη, Αν. Καθηγήτρια του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, “Επίδραση ηλεκτρικού ρεύματος στον ανθρώπινο οργανισμό. Μέθοδοι προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας σε εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης”.
3. Δ. Κ. Τσανάκας, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών, “Ειδικά κεφάλαια ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και δικτύων. Προστασία ανθρώπων και εξοπλισμού”, α΄ μέρος.
4. Χριστόδουλος Στεφανάδης, Καθηγητής Καρδιολογίας, Διευθυντής Α' Καρδιολογικής Κλινικής Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, “Ιπποκράτειο” Γ.Ν.Α., Πρόεδρος Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών, e-mail: chstefan@med.uoa.gr. Σχετικά άρθρα.
5. Λ. Π. Ανθόπουλος, Ομότιμος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών, “Καρδιακή ανεπάρκεια”. Διάλεξη.
6. Γενικό Νοσοκομείο Σερρών, e-mail: gnserres@hospser.gr. Σχετικά άρθρα.
7. Ιστοσελίδα <http://www.incardiology.gr>
8. Ιστοσελίδα <http://www.medlook.net>

Παράρτημα

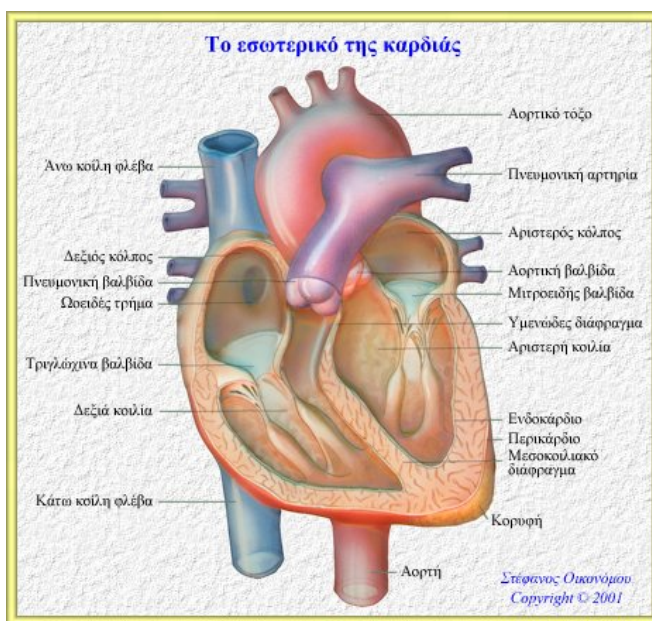
Τα κύρια μέρη της καρδιάς

Η **καρδιά** είναι το όργανο του ανθρώπινου σώματος που δίνοντας στο αίμα πίεση, το κάνει να κυκλοφορεί στο εσωτερικό των αρτηριών, με τέτοιο τρόπο, ώστε να φτάνει σε όλα τα όργανα. Είναι κάτι σαν "αντλία" που παίρνει το αίμα από τις φλέβες, στις οποίες βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και το στέλνει στις αρτηρίες με υψηλή.

Το **μυοκάρδιο** είναι το συστατικό μέρος της καρδιάς. Αποτελεί ένα εξειδικευμένο τμήμα μυϊκού ιστού. Με τις ρυθμικές συστολές και διαστολές, η καρδιά, δίνοντας στο αίμα πίεση, το κάνει να διοχετεύεται στις αρτηρίες. Το μυοκάρδιο, δηλαδή, είναι το μέρος της καρδιάς που παράγει έργο και για να κάνει κάτι τέτοιο, καταναλώνει μια ποσότητα ενέργειας. Αυτή την ενέργεια την παίρνει η καρδιά από τις χημικές αντιδράσεις που συντελούνται μεταξύ των ενεργητικών ουσιών (σάκχαρα και λίπη) και του οξυγόνου. Αυτές οι ουσίες μεταφέρονται στην καρδιά διαμέσου των στεφανιαίων αρτηριών. Στο μυοκάρδιο βρίσκονται οι δύο κόλποι και οι δύο κοιλίες της καρδιάς, που σχηματίζουν το μυοκάρδιο των κόλπων και το μυοκάρδιο των κοιλιών.



Εικόνα 5: Σχηματικές αναπαραστάσεις της καρδιάς και των κυρίων μερών της.



Αρτηρίες ονομάζονται τα αγγεία του οργανισμού που μεταφέρουν οξυγονωμένο αίμα από την καρδιά προς τα υπόλοιπα όργανα. Όσο απομακρύνονται από την καρδιά διακλαδίζονται και σχηματίζουν όλο και μικρότερα αγγεία, μικρότερες αρτηρίες και αρτηρίδια τα οποία τελικά καταλήγουν στα τριχοειδή αγγεία.

Φλέβες ονομάζονται τα αγγεία του οργανισμού που μεταφέρουν το αίμα στην καρδιά. Ομοίως, με τις αρτηρίες, διακλαδίζονται σε μεγαλύτερα και μικρότερα αγγεία μέχρι τα τριχοειδή. Σχηματίζουν το φλεβικό σύστημα, το οποίο, τόσο στα άνω, όσο και στα κάτω άκρα, αποτελεί έναν πολύπλοκο μηχανισμό αντλίας, με τον οποίο, όταν ο άνθρωπος βρίσκεται σε όρθια θέση, το φλεβικό αίμα μεταφέρεται προς την καρδιά παρά την βαρύτητα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό γνώρισμα των φλεβών είναι οι βαλβίδες, οι οποίες επιτρέπουν τη ροή του αίματος μόνο σε μία κατεύθυνση (από την περιφέρεια προς την καρδιά).

Αορτή είναι η πρώτη και κυριότερη αρτηρία του σώματος. Αποτελεί το βασικό κορμό από όπου ξεκινούν όλες οι αρτηρίες της μεγάλης κυκλοφορίας. Το ερυθρό, πλούσιο σε οξυγόνο αίμα, διοχετεύεται από την καρδιά σε ολόκληρο τον οργανισμό διαμέσου της αορτής.

Μαρμαρυγή (*Ventricular Fibrillation*) είναι η κατάσταση κατά την οποία οι καρδιακοί παλμοί γίνονται από περιοδικούς άρρυθμοι. Η πιθανότητα θανάτου είναι μεγάλη, γιατί η καρδιά δεν είναι σε θέση να κυκλοφορήσει το αίμα. Οι συνέπειες είναι, μεταξύ άλλων, η μειωμένη οξυγόνωση του εγκεφάλου, η οποία μπορεί να οδηγήσει μέσα σε μερικά λεπτά σε θάνατο ή σε μία μόνιμη αδυναμία μέρους του εγκεφάλου.

Καρδιακή ανακοπή είναι η αιφνίδια παύση της λειτουργίας της καρδιάς, που συμβαίνει σαν επιπλοκή κάποιων σοβαρών καρδιακών ή άλλων νοσημάτων. Το θύμα χάνει ξαφνικά τις αισθήσεις του, αποκτά **“όψη νεκρού”**, δεν έχει σφυγμό (αφού δεν λειτουργεί η καρδιά) και δεν έχει αναπνοή (ή παρουσιάζει για λίγο αγωνιώδεις και επιπόλαιες αναπνευστικές κινήσεις). Είναι ίσως μια από τις κρισιμότερες καταστάσεις, που μπορεί να αντιμετωπίσει κανείς. Πρόκειται κυριολεκτικά για κατάσταση ζωής και θανάτου. Ακόμα και σε ένα πλήρως οργανωμένο Νοσοκομείο **“σημαίνει συναγερμός”** για την αντιμετώπισή της. Είναι αλήθεια ότι χρειάζονται ειδικές γνώσεις, εμπειρία και νοσοκομειακός εξοπλισμός για να προσφέρει κανείς ουσιαστική βοήθεια σε περίπτωση ανακοπής. Ωστόσο, η ανακοπή μπορεί να συμβεί οπουδήποτε και να μην υπάρχει άμεσα γιατρός για να προσφέρει τις πρώτες βοήθειες. Αν το θύμα μείνει αβοήθητο για πέντε (5) λεπτά, ουσιαστικά έχει χάσει το **“παιγνίδι με τη ζωή”**. Γι’ αυτό το λόγο είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς πώς μπορεί να βοηθήσει σε μια τέτοια κρίσιμη στιγμή, ακόμα κι αν δεν είναι γιατρός.